

2011 级工程硕士论文

户外柔性便携式太阳能供电系统——倪斌

学校编码: 10384 分类号__密级__

学号: X2011181003 UDC_____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

柔性便携式太阳能供电系统

Flexible portable solar power supply system

倪斌

指导教师姓名: 王亚军 副教授

专 业 名 称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2014 年 11 月 19 日

论文答辩时间: 2014 年 11 月 27 日

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2014 年 11 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

☒ 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 2019 年 11 月 25 日解密，解密后适用上述授权。

☐ 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

柔性便携式太阳能供电系统

倪斌

[摘要]

随着光伏技术的发展,光伏发电的应用越来越广泛,种类也越来越多,从传统的光伏电站(离网或并网),到光伏建筑一体化(BIPV),到 PV-LED 等等。这些应用中,绝大多数采用的是刚性太阳能电池,如晶体硅电池。而在一些刚性电池无法胜任的场合中,柔性太阳能电池正以其独特、柔韧的特点赢得了一席之地,在各种户外便携的应用里,特别是科考、军工等领域发挥着不可替代的作用。本文主要以目前较为成熟、应用较为广泛的柔性非晶硅太阳能电池为主,介绍了柔性太阳能电池的特点、与传统电池的区别、制备方法和便携式供电系统的构成,论述了柔性太阳能电池制备的实验数据,同时阐述了便携式太阳能供电系统的配置关系,如何在最佳的成本控制上产生最佳的效果,为今后更细化的设计提供参考。随着技术的发展,还将有更多的柔性太阳能电池被开发出来,形成产品,本文最后也将为未来新一代的柔性太阳能电池的趋势进行介绍、探讨。

[关键词] 柔性太阳能; 便携式电源; 蓄电池

[Abstract]

With the development of photovoltaic technology, more and more extensive application of photovoltaic power generation, more and more species, from traditional photovoltaic power station (off grid or grid), to the building integrated photovoltaic (BIPV), to PV-LED and so on. In these applications, the vast majority of use of the rigid solar cells, such as crystal silicon cell. And could not work in some rigid cell occasion, flexible solar cell is characterized by its unique, flexible won a space for one person, in the application of various outdoor portable, especially scientific, military and other fields has played an irreplaceable role. This paper mainly to the more mature, more widespread application of flexible amorphous silicon solar battery mainly introduces structure characteristics, flexible solar cells with conventional battery distinction, preparation method and portable power supply system, and expounds the portable solar power supply system configuration system, how to produce the best effect at the optimum cost control on the design in the future, for more detailed reference. With the development of technology, there will be more flexible solar cells have been developed, the formation of product, this paper finally will also be flexible solar cells for future a new generation of trend analysis and introduction.

[Keyword]

Flexible solar cells; Portable power supply; Storage battery

目 录

引 言.....	10
第一章 太阳能与太阳能电池.....	12
1、太阳能.....	12
1.1 太阳能简介.....	12
1.2 我国的太阳能资源.....	12
2、太阳能电池.....	14
2.1 半导体.....	14
2.2 太阳能电池的发电原理.....	14
2.3 太阳能电池的种类.....	16
第二章 柔性便携式太阳能电池.....	19
1、柔性太阳能电池.....	19
2、柔性非晶硅太阳能电池.....	19
2.1 柔性非晶硅太阳能电池的形态.....	20
2.2 旁路二极管技术.....	21
2.3 光谱吸收范围.....	22
2.4 三复合层结构设计.....	23
2.5 环境与气候影响.....	24
2.6 封装特点.....	25
2.7 使用寿命.....	26
3、柔性非晶硅太阳能电池与传统太阳能电池的对比.....	27
4、柔性非晶硅太阳能电池的制备方法.....	28
4.1 单元片的制作.....	28
4.2 裁切布料或底基胶膜.....	29
4.3 压出组件正面布基.....	29
4.4 焊接线路.....	29
4.5 高温层压.....	30
4.6 修整边缘，安装配件.....	30
5、柔性非晶硅太阳能电池的应用情况.....	31
第三章 便携式供电系统.....	33
1、便携式供电系统的组成.....	33
2、太阳能充电控制器.....	34
3、蓄电池.....	34
3.1 常用的蓄电池介绍.....	34
3.2 胶体铅酸电池的特点.....	35
3.3 蓄电池放电深度.....	37
4、逆变器.....	37
5、箱体.....	39

第四章 户外柔性便携式太阳能供电系统的设计	40
1、设计原则.....	40
2、太阳能电池与蓄电池的配置关系.....	40
3、厦门地区太阳能供电系统设计实例.....	42
4、通用型 150W 便携电源箱产品.....	45
5、户外柔性便携式太阳能供电系统的优势分析.....	48
第五章 柔性太阳能未来的发展趋势	50
结 论	52
[参考文献]	56

Catalog

Introduction	10
The first chapter Solar energy and solar energy battery	12
1、Solar energy	12
1.1 Solar energy profile	12
1.2 Solar energy resources in China	12
2、Solar cell	14
2.1 Semiconductor	14
2.2 The generation principle of solar cell	15
2.3 The kind of solar cell	16
The second chapter Flexible portable solar battery	19
1、Flexible solar cells	19
2、Flexible amorphous silicon solar cell	19
2.1 Flexible amorphous silicon solar cell morphology	20
2.2 Bypass diode technology	21
2.3 Spectral absorption range	22
2.4 Three layer composite structure design	23
2.5 Climate and environment effect	24
2.6 Package characteristics	25
2.7 The service life	27
3、Comparison of flexible amorphous silicon solar battery and traditional solar cells	27

4、Packaging process of flexible amorphous silicon solar cells.....	28
4.1 Production unit sheet.....	28
4.2 Cutting or cloth base adhesive film.....	29
4.3 Press out the component positive duct.....	29
4.4 Welding line.....	30
4.5 High temperature laminate.....	30
4.6 Trim the edge, mounting accessories.....	31
5、Application of flexible amorphous silicon solar cells.....	31
The third chapter Portable power supply system.....	33
1、Construction of a portable power supply system.....	33
2、The solar charging controller.....	34
3、Battery.....	34
3.1 Common battery was introduced in this paper.....	34
3.2 The characteristics of colloidal lead-acid battery.....	35
3.3 Battery discharge depth.....	37
4、Inverter.....	38
5、The box	39
The fourth chapter The fourth chapter outdoor design flexible portable solar power supply system.....	40
1、Design principle.....	40
2、The configuration of the relationship of solar battery and accumulator.....	41
3、A design example of solar power supply system in Xiamen area.....	43

4、General 150W portable power box products.....	46
5、Analysis of outdoor flexible portable solar power supply system advantage.....	49
The fifth chapter The future development trend of flexible	
solar.....	51
Conclusion.....	53

引 言

在世界能源短缺, 环境污染日益严重的今天, 充分开发并利用太阳能是世界各国政府可持续发展的能源战略决策。为了实现能源和环境的可持续发展, 世界各国都将光伏发电作为发展的重点。在各国政府的大力支持下, 光伏产业发展迅, 最近 10 年太阳电池及组件生产的年平均增长率达到 33%, 世界光伏产业和市场发展的另一个突出特点是: 光伏发电在能源中的替代功能愈来愈大, 主要表现在并网发电的应用比例增加非常快, 并成为光伏发电的主导市场(其他应用包括通讯和信号、特殊商业和工业应用、农村离网应用、消费品和大型独立电站等)。

但是, 无论是现在还是将来, 太阳能远不应只限于固定场合的应用, 除了户外便携式太阳能外, 以后人们的帐篷, 雨伞, 甚至衣物, 会不会都变成太阳能相关的产品呢? 答案是肯定的。虽然目前的技术还有待提升, 但是越来越多的户外便携场合已经迫切的存在太阳能产品的需求。显然, 笨重的蓄电池不是最优的解决方案, 如手机充电、笔记本电脑充电、仪器仪表与勘察设备的电力补充, 都有待于轻便且方便的能源补充产品。在新能源中, 风能、沼气、潮汐等能源的局限性较大, 远不如太阳能随时获取, 取之不尽。

目前应用最为广泛的晶体硅太阳能电池, 由于采用玻璃封装, 笨重, 易碎, 很难满足户外便携要求。柔性太阳能电池, 是薄膜太阳能电池的一种, 而且技术先进、性能优良、成本低廉、用途广泛。可以应用于太阳能背包、太阳能帐篷、太阳能手电筒、太阳能汽车、太阳能帆船甚至太阳能飞机上。目前的柔性太阳能电池的种类有, 非晶硅、碲化镉、铜铟镓硒、染料敏华、有机薄膜等。配合蓄电池、太阳能控制器、逆变设备等, 就可以构成一个完整的户外独立电源, 如果配置合理, 可以满足全天候 24 小时的用电需求。

独立的太阳能发电系统由太阳能电池方阵、充电器、蓄电池、直流变换器、逆变器等部分构成。太阳能电池是将许多单个的太阳能电池经过串联或并联组合, 并进行封装后构成的太阳能电池组件, 由半导体材料制成, 将太阳能转换成直流形式的电能。该直流电经过电压变换后可以直接供给直流负载使用; 对多余的能量经充电器以化学能的形式储存于蓄电池组中, 供夜晚或日照不足时使用。将太阳能电池或蓄电池输出的直流电进行电压变换供给负载的工作由直流变换器完

成。对于交流电源供电的用电设备,需要将太阳能电池或蓄电池输出的直流电经过逆变器转换成交流电形式供电,逆变器将直流电经过高频升压、SPWM 逆变、滤波等环节,转换成交流 220V、50Hz 的市电形式供给电器使用。

本文研究的太阳能发电系统采用输出电压为 12V 的太阳能电池,经过直流变换和逆变两级结构,输出频率为 50Hz、电压有效值为 220V 的正弦交流电,功率等级 100W,为小功率的便携式太阳能发电系统,适合于各种使用交流电源的设备。由于太阳能电池的输出受许多因素的影响,难以保持稳定,因此在设计直流变换器和逆变器时,需根据太阳能电池的特点来设计电路结构和电路参数。

第一章 太阳能与太阳能电池

1、太阳能

1.1 太阳能简介

太阳能，距离我们的生活越来越近。它作为一种分布广泛、取之不尽的绿色清洁能源，不仅对于人类的生存具有重大意义，并具有灵活性、清洁性和永久性三大优点：太阳能不存在地域的限制及运输的问题，只要有阳光便可以随时发电，使用十分方便，特别是在没有市电供应的农村、海岛、沙漠、森林和边远地区更加具有利用的价值；太阳能素有“干净能源”和“安全能源”之称，它不仅毫无污染、毫无噪音，使用时不具任何放射性，使用后不留痕迹，也毫无危险，远比其他能源安全有效；而且太阳能电池寿命长达 15-20 年，只要太阳存在，太阳能电池就可以一次投资而长期使用，这是其它电源无法比拟的。我国幅员辽阔，有着得天独厚的太阳能资源，全国大部分省市地区的年日照时间平均可达 2000 小时以上。

太阳是一个巨大、无尽的能源。尽管太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量（约为 $3.75 \times 10^{26} \text{W}$ ）的 22 亿分之一，但已高达 $1.73 \times 10^{17} \text{W}$ ，功率密度达到 1367W/m^2 ，也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于 500 万吨煤。每年到达地球表面的太阳能量为 1.3×10^{10} 吨标准煤，为全世界能量消耗的 1×10^4 倍。

在白天标准太阳光照条件下（即欧洲委员会定义为 101 标准），大气质 AM115，温度 25°C 条件下，辐射强度为 1000W/m^2 ，如假定发电效率为 10%，则整个地球表面上每年可能的太阳能发电量为 14EW/h ，大约相当于当今世界能耗总量的 100 倍。这意味着，如果太阳能电池放置于不到全球陆地面积的 1/100，或其沙漠面积的 1/20，所发的电量就足够满足当今全世界的能源需求。

1.2 我国的太阳能资源

我国太阳能资源非常丰富。大部分地区位于北纬 45° 以南，全国 2/3 的国土面积年日照时间在 2300h 以上，每平方米太阳能年辐射总量为 $3340 \sim 8400 \text{MJ}$ ，陆地表面每年接收的太阳辐射能相当于 17000 亿吨标准煤，而且分布极为广泛，

具有普遍存在、永续利用的优点，可为国民经济发展提供有效的能源供应。特别是我国有 108 万 km² 的荒漠，大部分分布在西部，太阳能资源极为丰富。如果利用 1/10 的荒漠安装光伏并网发电系统，每年可以发电 10 万亿 kWh 以上，相当于目前全国用电量的 5 倍多。

太阳能辐射强度是随机的，在不同时间、不同地点，同一面积的辐射强度是不同的。图 1-1 为我国太阳能资源分布图。为了更加直观地了解各地每天太阳能辐射的平均分布，表 1-1 给出了年总辐射量与日平均峰值日照时数（太阳能电池每天可以接受到 1000W/m² 辐照度的等效时间）对应关系和典型地区。西藏日辐射量最高达 1.7kWh/m²，年日照时数大于 3000h。与同纬度的其他国家相比，与美国相近，比欧洲、日本优越得多。故此，在中国各个地区，尤其经济欠发达的西北地区，大力开发太阳能资源是切实可行且甚有效益的事业。

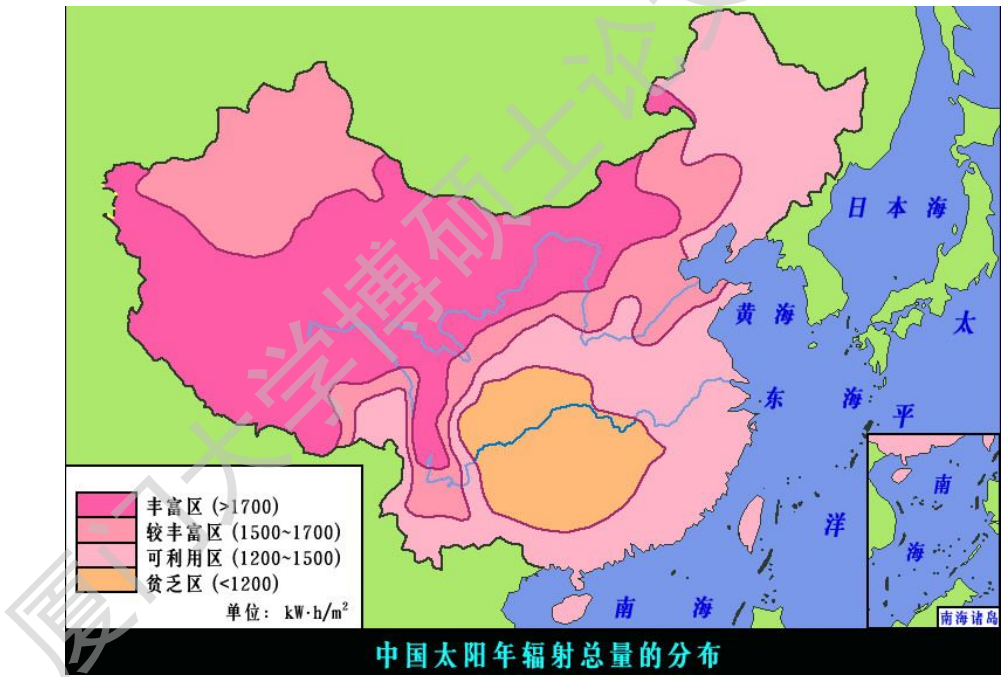


图 1-1 我国太阳能资源分布图

表 1-1 我国不同地区太阳能光照条件

区域划分	丰富区	较丰富区	可以利用区	贫乏区
总辐射量 (KW·h/m ²)	>1700	1500~1700	1200~1500	<1200
全年日照时数 (h)	>3000	2400~3000	1600~2400	<1600
典型地区	内蒙西部、甘肃西部、新疆南部、青藏高原	新疆北部、东北、内蒙东部、华北、陕北、宁夏、甘肃部分、青藏高原东、海南、台湾	东北北部，内蒙，长江下游、福建、广东、广西、贵州部分、云南、河南、陕西	重庆、四川、贵州、江西部分地区

2、太阳能电池

2.1 半导体

世界上的物体如果以导电的性能来区分，有的容易导电，有的不容易导电。容易导电的称为导体，如金、银、铜、铝、铅、锡等各种金属；不容易导电的物体称为绝缘体，常见的有玻璃、橡胶、塑料、石英等等；导电性能介于这两者之间的物体称为半导体，主要有锗、硅、砷化镓、硫化镉等等。众所周知，原子是由原子核及其周围的电子构成的，一些电子脱离原子核的束缚，能够自由运动时，称为自由电子。金属之所以容易导电，是因为在金属体内有大量能够自由运动的电子，在电场的作用下，这些电子有规则地沿着电场的相反方向流动，形成了电流。自由电子的数量越多，或者它们在电场的作用下规则流动的平均速度越高，电流就越大。电子流动运载的是电量，我们把这种运载电量的粒子，称为载流子。在常温下，绝缘体内仅有极少量的自由电子，因此对外不呈现导电性。半导体内有少量的自由电子，在一些特定条件下才能导电。

半导体可以是元素，如硅(Si)和锗(Ge)，也可以是化合物，如硫化镉(OCLS)和砷化镓(GaAs)，还可以是合金，如 $Ga_xAl_{1-x}As$ ，其中 x 为 0-1 之间的任意数。许多有机化合物，如蒽也是半导体。

半导体的电阻率较大，而金属的电阻率则很小，绝缘体的电阻率则很大。半导体的电阻率对温度的反应灵敏，例如锗的温度从 200C 升高到 300C，电阻率就要降低一半左右。金属的电阻率随温度的变化则较小，例如铜的温度每升高 1000℃， ρ 增加 40%左右。电阻率受杂质的影响显著。金属中含有少量杂质时，看不出电阻率有多大的变化，但在半导体里掺入微量的杂质时，却可以引起电阻率很大的变化，例如在纯硅中掺入百万分之一的硼，硅的电阻率就从 $2.14 \times 10^3 \Omega \cdot m$ 减小到 $0.004 \Omega \cdot m$ 左右。金属的电阻率不受光照影响，但是半导体的电阻率在适当的光线照射下可以发生显著的变化。

2.2 太阳能电池的发电原理

太阳能电池工作原理的基础是半导体 PN 结的光生伏打效应。这也是“光伏”

的由来，因此太阳能电池也称作光伏电池。所谓光生伏打效应就是当物体受到光照时，物体内的电荷分布状态发生变化而产生电动势和电流的一种效应。当太阳光或其他光照射半导体的 PN 结时，产生电子--空穴对，在半导体内部 P-N 结附近生成的载流子没有被复合而到达空间电荷区，受内部电场的吸引，电子流入 n 区，空穴流入 p 区，结果使 n 区储存了过剩的电子，p 区有过剩的空穴。它们在 p-n 结附近形成与势垒方向相反的光生电场。光生电场除了部分抵消势垒电场的作用外，还使 p 区带正电，n 区带负电，在 n 区和 p 区之间的薄层就产生电动势，这就是光生伏特效应。当把能量加到纯硅中时（比如以热的形式），它会导致几个电子脱离其共价键并离开原子。每有一个电子离开，就会留下一个空穴。然后，这些电子会在晶格周围四处游荡，寻找另一个空穴来安身。这些电子被称为自由载流子，它们可以运载电流。

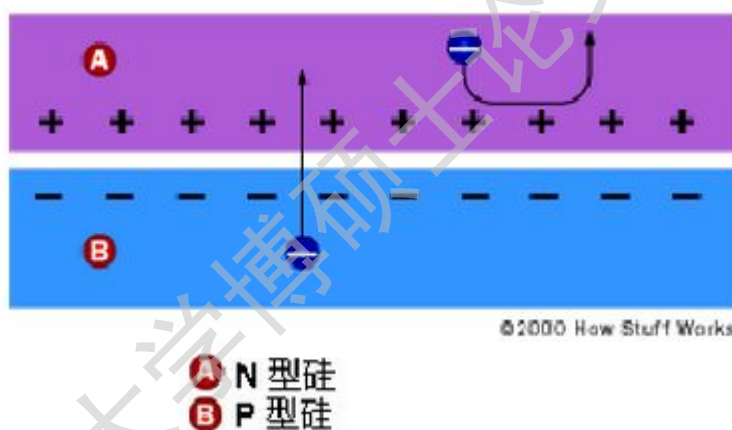


图 1-2 P-N 结

这个电场相当于一个二极管，允许（甚至推动）电子从 p 侧流向 n 侧，而不是相反。当光以光子的形式撞击太阳能电池时，其能量会使电子空穴对释放出来。每个携带足够能量的光子通常会正好释放一个电子，从而产生一个自由的空穴。如果这发生在离电场足够近的位置，或者自由电子和自由空穴正好在它的影响范围之内，则电场会将电子送到 N 侧，将空穴送到 P 侧。这会导致电中性进一步被破坏，如果我们提供一个外部电流通路，则电子会经过该通路，流向它们的原始侧（P 侧），在那里与电场发送的空穴合并，并在流动的过程中做功。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库